

PC 10636

### **Verfahren zum Wechsel des Druckmittels eines elektrohydraulischen Bremssystems**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Wechsel des Druckmittels eines elektrohydraulischen Bremssystems, bestehend aus einem pedalbetätigten Hauptbremszylinder und einem vom Hauptbremszylinderdruck geregelten Bremskreis mit einer Pumpe, deren Saugseite über eine Saugleitung an einen Druckmittelvorratsbehälter angeschlossen ist, und einem Hochdruckspeicher, sowie Ein- und Auslassventilen für die an den Bremskreis angeschlossenen Radbremsen, wobei ein Einlassventil die Verbindung der zugehörigen Radbremse zum Hochdruckspeicher und ein Auslassventil die Verbindung der zugehörigen Radbremse zum Druckmittelvorratsbehälter über eine drucklose Rücklaufleitung steuert, und wobei der Hauptbremszylinder über ein Trennventil stromabwärts der Einlassventile an den Bremskreis angeschlossen ist.

Bei einer derartigen hydraulischen Bremsanlage, bei der Teile des Leitungssystems durch Ventile geschlossen sind, reicht ein konventionell durchgeführter Wechsel des Druckmittels nicht aus, um alle Bereiche des Bremssystems mit frischem Druckmittel zu versorgen und luft- und gasblasenfrei zu erhalten, da ein solcher Wechsel nur die Bremsleitung zwischen dem Hauptbremszylinder und der jeweiligen Radbremse erfasst und mit frischem Druckmittel versorgt. Insbesondere bei hohem Wasser- oder Schmutzgehalt in der Bremsflüssigkeit muss sicher gestellt werden, dass das Druckmittelvolumen, das sich außerhalb der

hydraulischen Rückfallebene befindet, durch frisches Druckmittel ersetzt wird. Durch diese Maßnahme wird die Betriebssicherheit eines elektrohydraulischen Bremssystems wesentlich erhöht.

Aus der veröffentlichten Befüllvorschrift ATE 520 24.46 ist ein Bremsflüssigkeitswechsel bzw. ein Wechsel des Druckmittels bekannt. Diese Befüllvorschrift dient als Grundlage für Anleitungen zum Bremsflüssigkeitswechsel, wie er in Werkstätten durchgeführt wird. Dabei handelt es sich um einen sogenannten konventionellen Wechsel des Druckmittels mittels mehrfacher manueller Betätigung des Bremspedals, was zur Folge hat, dass lediglich das Druckmittel in den Bremsleitungen zwischen dem Hauptbremszylinder und der jeweiligen Radbremse durch frisches Druckmittel ersetzt wird.

Die Erfindung beruht somit auf dem Problem, für eine elektrohydraulische Bremsanlage ein Verfahren darzustellen, das es ermöglicht, einen Druckmittelwechsel durchzuführen, bei dem alle Bereiche des Bremssystems mit frischem Druckmittel versorgt werden.

Zur Lösung des Problems sieht die Erfindung vor, dass die folgenden Verfahrensschritte eingeleitet werden.

1. Konventioneller Wechsel des Druckmittels durch mehrfache, manuelle Betätigung des Bremspedals.
2. Einschalten der Pumpe und Fördern von Druckmittel aus dem Vorratsbehälter.
3. Schalten der Ein- und Auslassventile und des Trennventils derart, dass Druckmittel

aus dem Hochdruckspeicher entweder zu den Radentlüfteranschlüssen oder in den Druckmittelvorratsbehälter gelangt.

Da große Teile des Leitungssystems einem konventionellen Bremssystem entsprechen (nämlich die Bremsleitungen, die von dem Hauptbremszylinder über die Trennventile zu den Radbremsen führen), kann der Wechsel des Druckmittels für diesen Teil des Leitungssystems in konventioneller Weise erfolgen, d. h. frisches Druckmittel wird über den Druckmittelvorratsbehälter nachgefüllt und durch die mehrfache, manuelle Betätigung des Bremspedals vom Hauptbremszylinder über die Bremsleitungen zu den Radbremsen gepumpt, wo es an entsprechenden Radentlüfteranschlüssen abgelassen wird.

Um die weiteren Bereiche des Bremssystems mit frischem Druckmittel zu versorgen, wird die Pumpe eingeschaltet und die Ventile des Systems derart angesteuert, dass frisches Druckmittel von der Pumpe in diese Bereiche gefördert wird. Dabei kann die Pumpe auch getaktet angesteuert werden, um Druckpulsationen zu erzeugen, mit denen Luftblasen im Leitungssystem gelöst werden. Der gleiche Effekt wird erreicht, wenn die Auslassventile getaktet angesteuert werden.

Um einen kompletten Wechsel des Druckmittels zu erreichen, wird der Wechsel in der folgenden Reihenfolge vorgenommen:

1. Fördern des Druckmittels mittels manueller Betätigung des Bremspedals in Richtung der Radentlüfteranschlüsse;
2. Pumpenförderung des Druckmittels ebenfalls in Richtung der Radentlüfteranschlüsse;

3. Laden und Entladen des Speichers derart, dass das Druckmittel in Richtung der Radentlüfteranschlüsse gefRrdert wird;
4. Laden und Entladen des Speichers derart, dass das Druckmittel in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters gefRrdert wird;
5. PumpenfRrderung des Druckmittels in Richtung Radentlüfteranschlüsse.

Bei diesem letzten Verfahrensschritt kann auch kontrolliert werden, ob die Bremsleitungen nach einer eventuell zuvor erfolgten Reparatur richtig angeschlossen worden sind. Dazu wird bei geRffnetem Radentlüfteranschluss Druckmittel gefRrdert, während die der anderen Radbremsen geschlossen sind. Durch Öffnen der jeweiligen Einlassventile lässt sich ein entsprechender Druckaufbau in den Radbremsen feststellen. Dadurch, dass nach und nach alle vier Radbremsen in Triplets zusammengefasst werden, lässt sich ermitteln, welche Leitungen gegebenenfalls vertauscht worden sind, da ein Druckaufbau in jedem Teilschritt nur in denjenigen Radbremsen festgestellt werden darf, deren Einlassventile geRffnet worden sind. Sollten sich hier Abweichungen ergeben, stimmt z. B. die Zuordnung der Einlassventile zu den Radbremsen nicht mehr.

Im Folgenden soll anhand eines Ausführungsbeispielles die Erfindung näher erläutert werden. Dazu zeigen:

Fig. 1        den hydraulischen Schaltplan einer hydraulischen Bremsanlage,

- Fig. 2        ein Diagramm zur Darstellung einer ersten Sequenz des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 3        ein Diagramm zur Darstellung einer zweiten Sequenz des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 4        ein Diagramm zur Darstellung einer dritten Sequenz des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 5        ein Diagramm zur Darstellung einer vierten Sequenz des erfindungsgemäßen Verfahrens und
- Fig. 6        ein Diagramm zur Darstellung einer fünften Sequenz des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Es wird zunächst auf die Fig. 1 Bezug genommen. Diese zeigt eine typische elektrohydraulische Bremsanlage, die wie folgt aufgebaut ist:

Ein Hauptbremszylinder 1 in Tandemform besitzt zwei Bremskreise, nämlich einen Primärkreis (auch Druckstangenkreis DK genannt) und einen Sekundärkreis SK, wobei der dargestellte primäre Bremskreis 2 mit einem Pedalsimulator 3 verbunden ist. Außerdem ist ein Druckmittelvorratsbehälter 4 an dem Hauptbremszylinder 1 angeschlossen. Motorisch angetriebene Pumpen 5 und ein Hochdruckspeicher, z. B. ein Metallfaltenbalgspeicher 6, bilden ein Druckversorgungssystem, das aus dem Druckmittelvorratsbehälter 4 mit einem Druckmittel (Bremsflüssigkeit) versorgt wird, wozu die Pumpe 5 über eine Saugleitung 17 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 4 verbunden ist. Die Radbremsen 7 der Hinterachse sind über je ein Einlassventil 8 an dieses Druckmittelversorgungssystem angeschlossen. Außerdem kann über je ein Auslassventil 9 und eine Rücklaufleitung

18 eine Verbindung zum Druckmittelvorratsbehälter 4 hergestellt werden. Die Einlass- und die Auslassventile 8, 9 sind normalerweise geschlossen. Ein Druckaufbau in den Radbremsen 7 erfolgt durch Öffnen des jeweiligen Einlassventils 8, eine Druckabsenkung durch Öffnen des jeweiligen Auslassventils 9. Auf diese Weise ist ein geregelter Bremskreis 2' gebildet, wobei der den Radbremsen 7 zur Verfügung gestellte Druck vom Hauptbremszylinderdruck bestimmt ist, der bei einer geregelten Bremsung hydraulisch von den Radbremsen 7 getrennt ist. Dazu befindet sich in der Leitung 2a, die stromabwärts des Einlassventils 8 in die zu den Radbremsen 7 führenden Leitungen 2b mündet, ein Trennventil 10, das im Regelmodus geschlossen wird und nur dann offen bleibt, wenn eine Störung des geregelten Bremskreises 2', z. B. wegen eines Ausfalles der Druckmittelversorgung, vorliegt.

Das System wird u. a. durch diverse Drucksensoren überwacht und gesteuert. Den einzelnen Radbremsen 7 sind Bremsdrucksensoren 11 zugeordnet, dem Druckmittelversorgungssystem ein Pumpendrucksensor 12 und dem Hauptbremszylinder je Bremskreis ein Simulationsdrucksensor 13. Bei einer elektrohydraulischen Bremsung ist das Trennventil geschlossen. Der Druck im Hauptbremszylinder dient als Steuergröße. Dazu wird der Druck des Hauptbremszylinders 1 mit dem Simulationsdrucksensor 13 gemessen und als Steuergröße an die Steuerung des geregelten Bremskreises 2' gegeben. Bei Ausfall des Druckversorgungssystems bleibt das Trennventil 10 geöffnet. Die Radbremsen 7 sind somit in konventioneller Weise unmittelbar über Leitungen 2a und 2b mit dem Hauptbremszylinder 1 verbunden. Ein Ausgleichsventil 14 sorgt dabei für einen Druckausgleich zwischen den Radbremsen einer Achse.

Die Bremsanlage muss regelmäßig gewartet werden, insbesondere muss die Bremsflüssigkeit gewechselt werden. Hierbei kann es zu Fehlern kommen. So können z.B. Anschlüsse vertauscht werden oder aber das Bremssystem nicht richtig entlüftet werden, was zu Lufteinschlüssen führt. Um alle Bereiche der Bremsanlage mit frischem Druckmittel zu versorgen und zur Kontrolle des Bremssystems nach eventuell erfolgten Reparaturen wird daher das folgende Verfahren vorgeschlagen:

Die Radbremsen 7 sind, was nur schematisch angedeutet ist, mit ggf. ventilgesteuerten Radentlüfteranschlüssen 20 versehen, über die den Bremskreisen Druckmittel entnommen werden kann.

Um das alte, verbrauchte Druckmittel während des Druckmittelwechsels aufzufangen, werden an die Radentlüfteranschlüsse 20 vorzugsweise Entlüfterflaschen angeschlossen, in die das aus den Bremskreisen abgelassene Druckmittel fließt. Selbstverständlich sind auch andere Maßnahmen denkbar, die den Kontakt des verbrauchten Druckmittels mit der Umwelt verhindern.

Des Weiteren wird über den Füllstutzen 21 des Druckmittelvorratsbehälters 4 frisches Druckmittel während des gesamten Verfahrens manuell nachgefüllt.

Die einzelnen Sequenzen zur Durchführung Druckmittelwechsels des hydraulischen Bremssystems sind in Form von Diagrammen dargestellt, die in den Figuren 2 - 6 dargestellt sind. Auf der horizontalen Achse ist jeweils die Zeit abgetragen, auf der vertikalen Achse die Schaltzustände für die einzelnen Komponenten des Bremssystems. Die Kurven im Diagramm zeigen an, in welchem Schaltzustand sich die einzelne Komponente befindet. Von

oben nach unten werden die folgenden Komponenten berücksichtigt:

Pumpe:

Mit den Schaltzuständen: 0: ausgeschaltet, 1: pumpend.

Einlassventile EV:

Mit den Schaltzuständen: 0: geschlossen, 1: geRffnet.

Auslassventile AV:

Mit den Schaltzuständen: 0: geschlossen, 1: geRffnet.

Bei den Ein- und Auslassventilen EV und AV stehen die Abkürzungen VL, VR, HL, HR für vorne links, vorne rechts, hinten links und hinten rechts.

Trennventil TV:

Für den Druckstangenkreis DK und den Sekundärkreis SK in den Schaltzuständen: 0: geRffnet, 1: geschlossen.

Radentlüfteranschlüsse ENTL:

Mit den Schaltzuständen: 0: geschlossen, 1: geRffnet.

Manuelle Pedalbetätigung PEDAL BETÄT:

Mit den Zuständen: 0: Bremspedal nicht betätigt,  
1: Bremspedal betätigt.

Befinden sich alle Ventile und die Pumpe im Zustand 0, so befindet sich das Bremssystem im Grundzustand.

In der in Figur 2 dargestellten ersten Schaltsequenz lässt sich leicht erkennen, dass die Radentlüfteranschlüsse VR, HR, VL und VR nacheinander geRffnet werden (Markierungen 101, 102, 103, 104), wobei das Bremspedal zwanzigmal während einer Öffnung manuell betätigt wird (Markierung



105). Dabei wird der konventionelle Bremskreis, bestehend aus dem Hauptbremszylinder 1, dem Trennventil 2, den Bremsleitungen 2a, 2b und den Radbremsen 7, von frischem Druckmittel durchströmt, da während des gesamten Verfahrens über den Füllstutzen 21 des Druckmittelvorratsbehälters 4 frisches Druckmittel manuell nachgefüllt wird, wie oben bereits erwähnt. Der geregelte Bremskreis 2' bleibt davon unberührt, da sowohl die Einlassventile 8 als auch die Auslassventile 9 geschlossen bleiben. Dieser Vorgang entspricht einem konventionellen Wechsel des Druckmittels, also dem Wechsel des Druckmittels eines konventionellen, nicht geregelten Bremssystems.

In den folgenden Diagrammen der Fig. 3 ist zusätzlich der Schaltzustand des Ausgleichsventils AV 14 im Druckstangenkreis und Sekundärkreis angegeben. Die Zustände sind 0: geöffnet und 1: geschlossen.

Die zweite Schaltsequenz beginnt mit einer Speicherentleerung SE, bei der die Trennventile 10 (Markierung 201) und die Ausgleichsventile 14 (Markierung 202) geschlossen sind. Außerdem ist das Einlassventil 8 und das Auslassventil 9 für eine Radbremse, z. B. der vorne rechts, geöffnet (Markierung 203, 204). Dies führt zu einer Entleerung des Speichers 6 über die Rücklaufleitung 18.

Danach werden in einer Teilsequenz 2.1 alle Einlassventile 8 geöffnet, alle Auslassventile 9 geschlossen sowie die Trennventile 10 der beiden Bremskreise geschlossen, wobei die Ausgleichsventile 14 geöffnet bleiben können. Weiterhin bleibt der Radentlüfteranschluss vorne links offen bzw. der Radentlüfteranschluss 20, an dem sich die Entlüfterflasche befindet, offen, so dass die Pumpen 5 aus dem Druckmittelvorratsbehälter 4 in diesen Radentlüfteranschluss 20 pumpen (Markierung 205, 206). Dabei wird

insbesondere die Saugleitung 17 mit frischem Druckmittel durchspült und damit auch entlüftet. Für die Pumpen 5 sind gegebenenfalls Schaltpausen vorzusehen. Zum Beenden dieser Teilsequenz 2.1 werden die Einlassventile 8 wieder geschlossen, wobei darauf zu achten ist, dass die Pumpen 5 ihren Betrieb kurz zuvor einstellen, um Druckspitzen zu vermeiden. Die Teilsequenz 2.1 kann bis zu 5 mal wiederholt werden.

Die folgende Teilsequenz 2.2 sieht zunächst wieder eine Speicherentladung SE und eine anschließende definierte Speicherfüllung SF vor, bei der die Einlassventile 8 geschlossen sind, während die Pumpe 5 fördert (Markierung 207). Danach wird das Einlassventil vorne links in kurzen Takten von weniger als 0,1 Sekunden 40 mal geöffnet und geschlossen (Markierung 208), so dass der Speicher 6 pulsartig entleert wird und das Druckmittel über den Entlüfteranschluss 20 vorne links abfließen kann. Dadurch wird der Speicher mit frischem Druckmittel versorgt und außerdem werden durch die pulsartige Belastung des Systems anhaftende Blasen insbesondere im Ventilblock gelöst.

Daran schließt sich ein Schritt an, bei dem der Speicher wieder entleert wird und das System in den Grundzustand gesetzt wird.

In der folgenden Schaltsequenz 3 (Figur 4) sind alle Einlassventile 8 und alle Auslassventile 9 geöffnet. Die Radentlüfteranschlüsse 20 sind geschlossen, so dass bei eingeschalteter Pumpe 5 (Markierung 301) Druckmittel aus dem Vorratsbehälter 4 über die Ein- und Auslassventile 8, 9 und über die Rücklaufleitung 18 zurück zum Druckmittelvorratsbehälter 4 gefördert wird. Dieser Schritt dient insbesondere der Versorgung der Rücklaufleitung 18 mit frischem Druckmittel und deren Entlüftung. Dort

eingeschlossene Luft gelangt in den Druckmittelvorratsbehälter. Dort trennt sie sich vom Druckmittel und sammelt sich in der Gasphase oberhalb des Füllstandes.

Im Prozessschritt 4 (Fig. 5) erfolgt ebenfalls eine Spülung der Rücklaufleitung 18. Dabei werden aber die Auslassventile 9 (Markierung 401 bis 404) nacheinander jeweils getaktet geschaltet, so dass wiederum Druckpulsationen erzeugt werden und die Rücklaufleitung 18 stoßweise durchspült wird. Dies soll bewirken, dass sich Luftblasen lösen. Die Schaltsequenz 4 kann zweimal durchgeführt werden.

In einer abschließenden 5. Sequenz, dargestellt in der Figur 6, werden die Radentlüfteranschlüsse 20 in den Teilsequenzen 5.1, 5.2, 5.3 und 5.4 nacheinander geöffnet (Markierung 501 bis 504). Dabei werden, bevor das Einlassventil 8 der Radbremse mit geöffnetem Radentlüfteranschluss 20 geöffnet wird (Markierung 505), zunächst die jeweils anderen drei Einlassventile (Triple) geöffnet (Markierung 506), so dass sich in den zugehörigen Radbremsen ein Druck aufbaut, der kurz danach wieder auf ca. 2 bar durch Öffnen der zugehörigen Auslassventile 9 reduziert wird (Markierung 507). Dabei kann der Druck in den Radbremsen überwacht werden. Dieser muss mit den jeweiligen Schaltzuständen korrespondieren. Da auf diese Weise nacheinander in jeweils zu Tripeln zusammengestellten Radbremsen ein Druck aufgebaut und wieder reduziert wird, lässt sich feststellen, ob gegebenenfalls eine Vertauschung von Leitungen stattgefunden hat. Anschließend fördert die Pumpe durch den geöffneten Radentlüfteranschluss 20 eine größere Menge der Druckmittelflüssigkeit, um die restliche Luft und die verbrauchte Bremsflüssigkeit aus dem hydraulischen System zu entfernen. Das Ende einer Teilsequenz stellt die mehrfache, manuelle Betätigung des

Bremspedals dar (Markierung 508), bei der frisches Druckmittel vom Druckmittelvorratsbehälter 4 zu dem geöffneten Radentlüfteranschluss 20 gefordert wird. Die Anzahl der Betätigungen wird vom Bediener bestimmt und wird durch die Qualität des aus dem System geforderten Druckmittels, das heißt frisches und luftfreies Druckmittel, geprägt sein.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Wechsel des Druckmittels eines elektrohydraulischen Bremssystems, bestehend aus einem pedalbetätigten Hauptbremszylinder und einem vom Hauptbremszylinderdruck geregelten Bremskreis mit einer Pumpe, deren Saugseite über eine Saugleitung an einen Druckmittelvorratsbehälter angeschlossen ist, und einem Hochdruckspeicher, sowie Ein- und Auslassventilen für die an den Bremskreis angeschlossenen Radbremsen, wobei ein Einlassventil die Verbindung der zugehörigen Radbremse zum Hochdruckspeicher und ein Auslassventil die Verbindung der zugehörigen Radbremse zum Druckmittelvorratsbehälter über eine drucklose Rücklaufleitung steuert, und wobei der Hauptbremszylinder über ein Trennventil stromabwärts der Einlassventile an den Bremskreis angeschlossen ist, mit wenigstens den folgenden Schritten:

1. Konventioneller Wechsel des Druckmittels durch mehrfache, manuelle Betätigung des Bremspedals.
2. Einschalten der Pumpe und Fördern von Druckmittel aus dem Vorratsbehälter.
3. Schalten der Ein- und Auslassventile und des Trennventils derart, dass Druckmittel aus dem Hochdruckspeicher entweder zu den Radentlüfteranschlüssen oder in den Druckmittelvorratsbehälter gelangt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der Durchführung der Verfahrensschritte frisches Druckmittel über den Druckmittelvorratsbehälter nachgefüllt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim FRrdern von Druckmittel in den Druckmittelvorratsbehälter die Pumpe getaktet angesteuert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim FRrdern von Druckmittel in den Druckmittelvorratsbehälter die Auslassventile getaktet angesteuert werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wechsel des Druckmittels mittels Pumpe in der folgenden Reihenfolge vorgenommen wird:

FRrdern des Druckmittels mittels manueller Betätigung des Bremspedals in Richtung der Radentlüfteranschlüsse;

PumpenFRrderung des Druckmittels ebenfalls in Richtung der Radentlüfteranschlüsse;

Laden und Entladen des Speichers derart, dass das Druckmittel in Richtung der Radentlüfteranschlüsse gefRrdert wird;

Laden und Entladen des Speichers derart, dass das Druckmittel in Richtung des Druckmittelvorratsbehälters gefRrdert wird;

PumpenfRderung des Druckmittels in Richtung  
Radentlüfteranschlüsse.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass während einer FRderung  
des Druckmittels über den Radentlüfteranschluss eines  
Rades, die anderen drei Radbremsen durch Öffnen der  
zugehRrigen Einlassventile mit Druck beaufschlagt  
werden, wobei die Radbremsdrücke gemessen werden und  
die ermittelten Drucktriplen in Korrelation zu den  
geschalteten Einlassventilen gebracht werden.

### **Zusammenfassung**

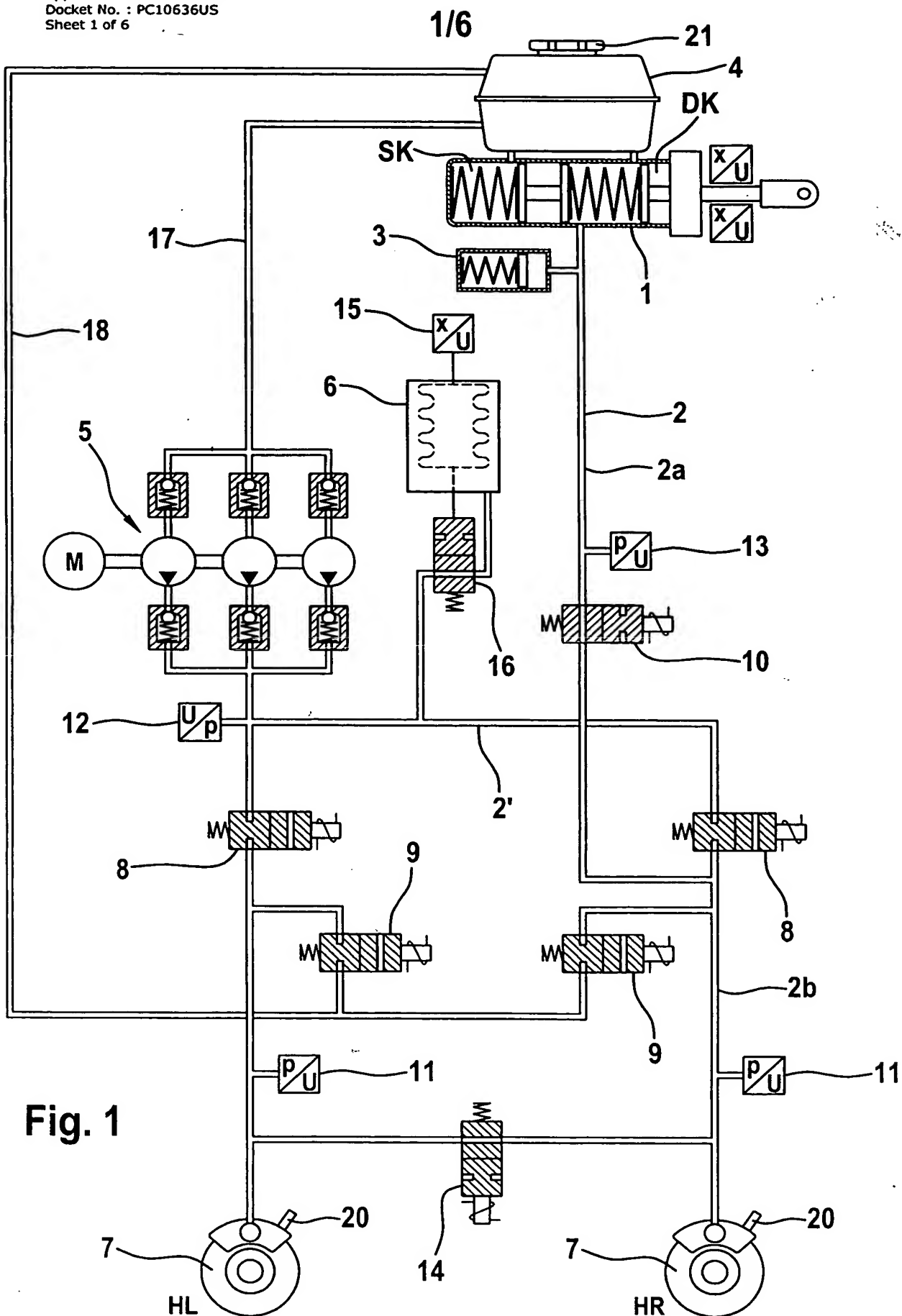
#### **Verfahren zum Wechsel des Druckmittels eines elektrohydraulischen Bremssystems**

Durch die Erfindung wird das Problem gelöst, dass insbesondere bei elektrohydraulischen Bremsanlagen alle Bereiche des Leitungssystems mit frischem Druckmittel versorgt werden, die bei einem konventionellen Bremsflüssigkeitswechsel nicht erreicht werden.

Daher sieht die Erfindung einen durch eine hydraulische Pumpe unterstützten Wechsel des Druckmittels vor, bei dem unter anderem Druckmittel mit Hilfe der Pumpe aus dem Druckmittelvorratsbehälter über die Einlassventile durch geöffnete Radentlüfteranschlüsse aus dem System gefördert wird.

(Fig. 5)





# Schaltsequenz 1

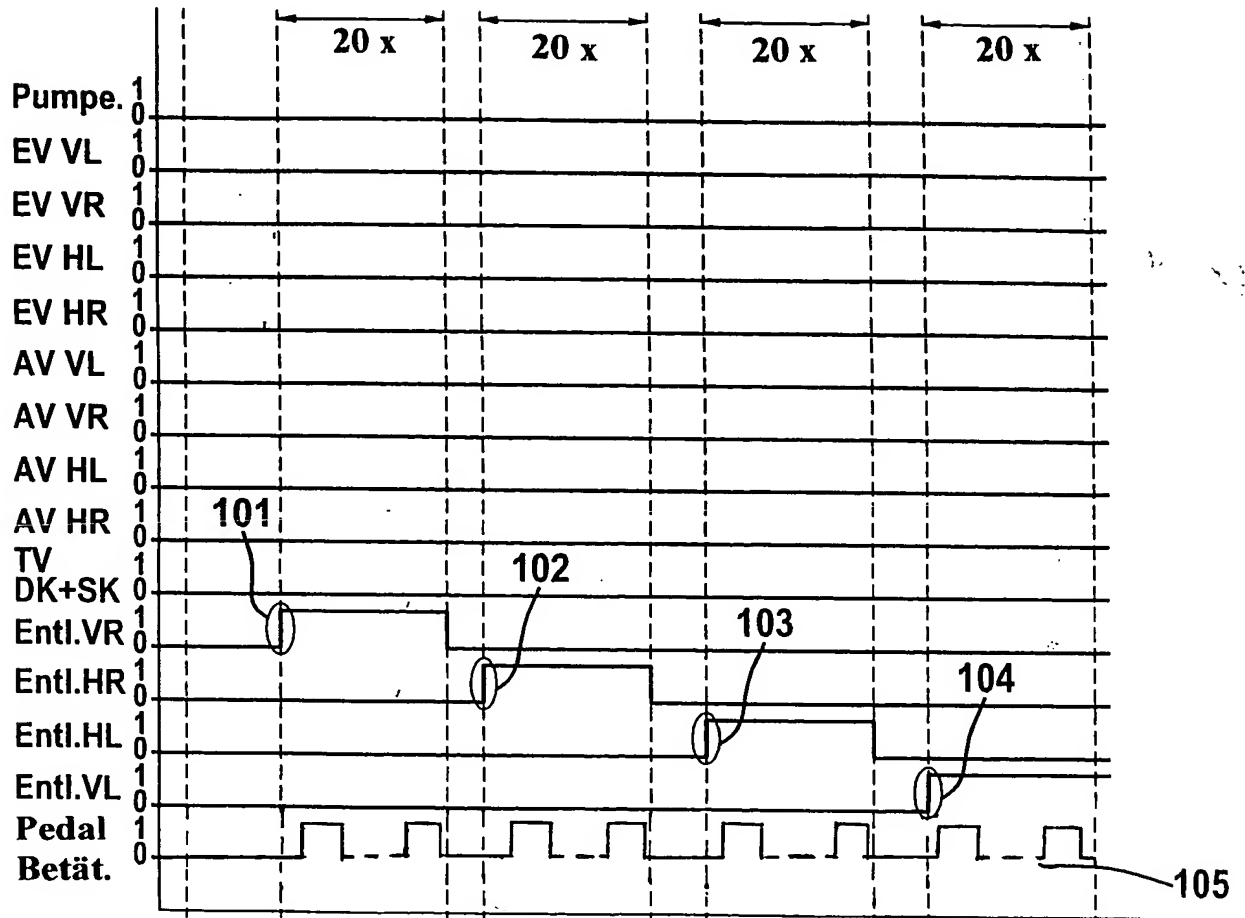
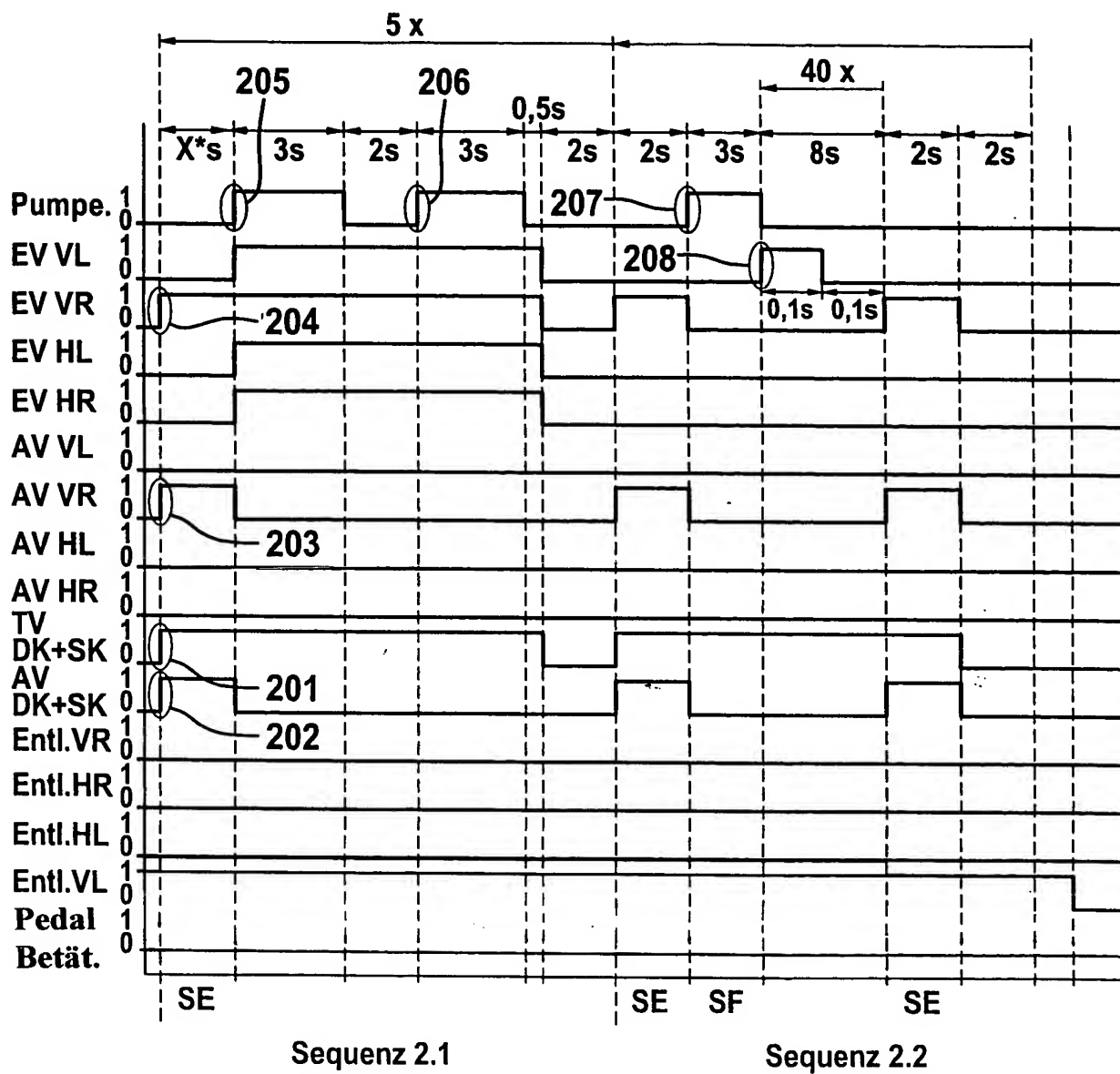


Fig. 2

## Schaltsequenz 2



### Fig. 3

### Schaltsequenz 3

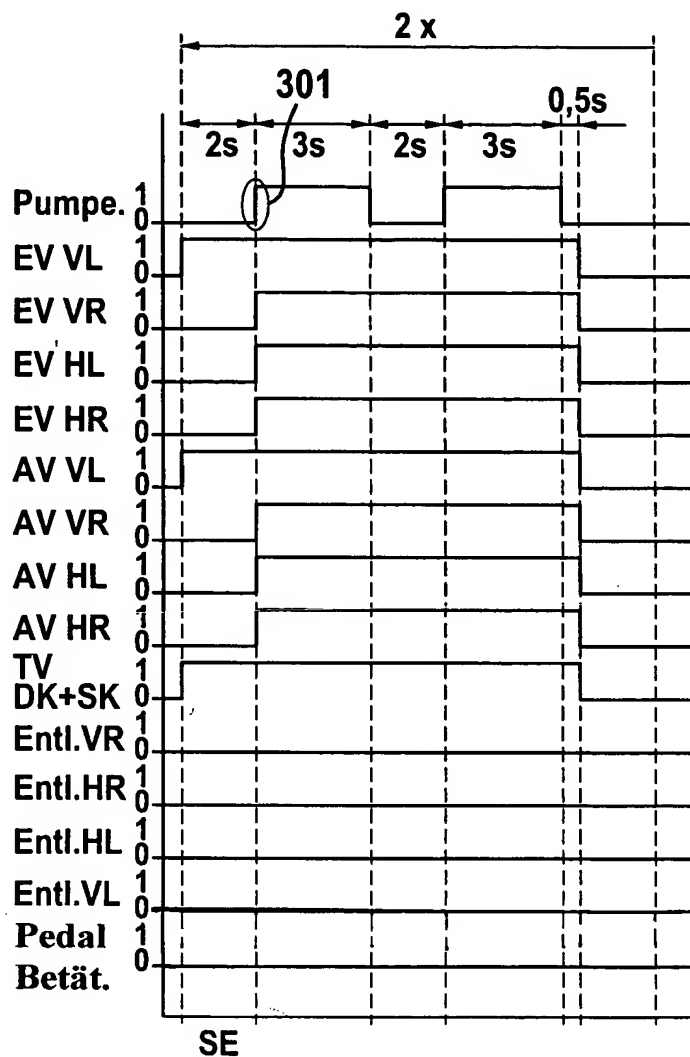
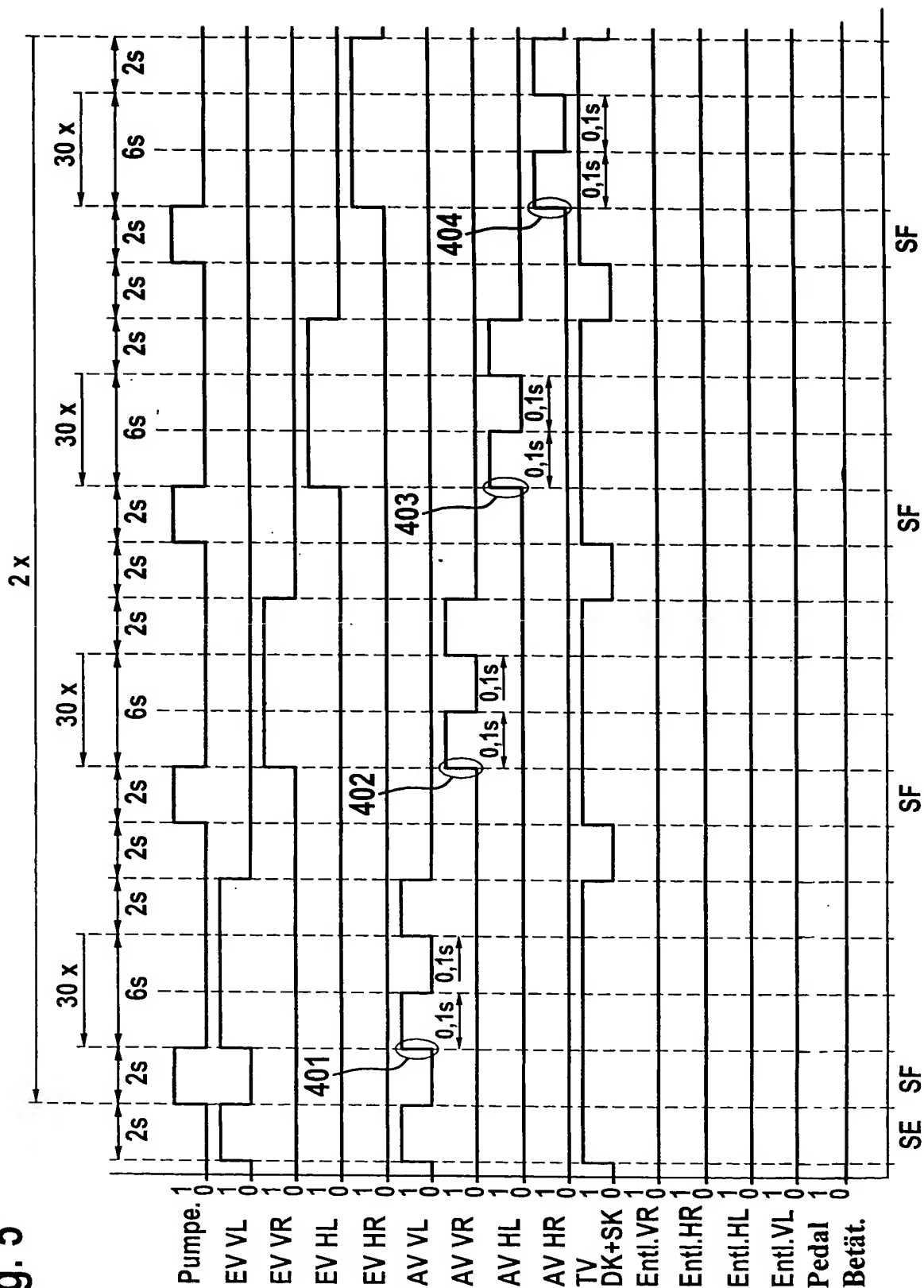


Fig. 4

**Fig. 5**



## Schaltsequenz 5

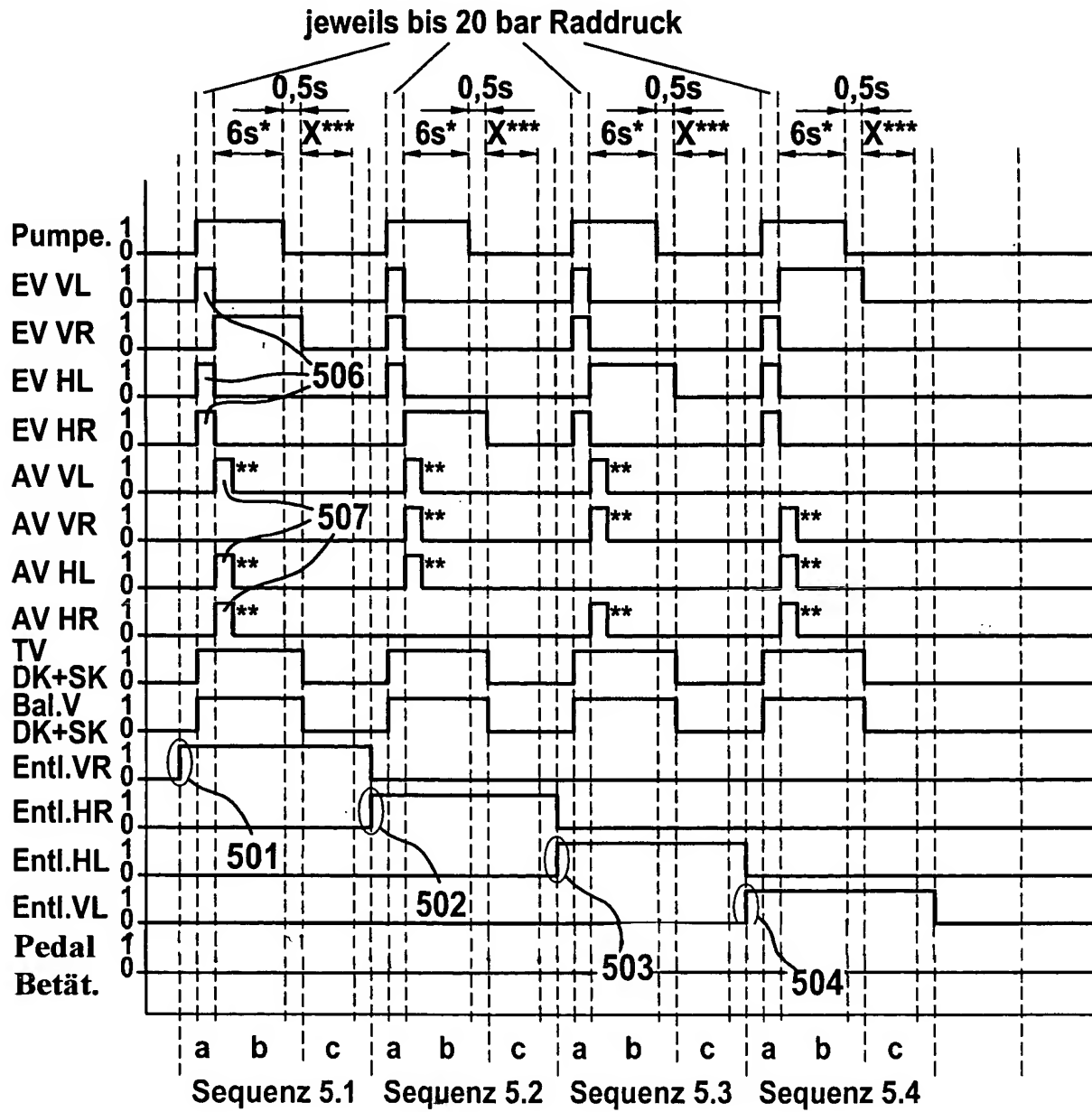


Fig. 6